

Desarrollo de Pruebas de Control de Calidad de Manera Remota en Equipos de Mamografía Digital

Development of Remotely Quality Control Tests in Digital Mammography Equipment

Patricia Mora Rodríguez & Yerry Soto Chinchilla

MORA, R. P. & SOTO, C. Y. Desarrollo de pruebas de control de calidad de manera remota en equipos de mamografía digital. *J. health med. sci.*, 4(4):287-292, 2018.

RESUMEN: Mediante la participación de Costa Rica en el proyecto del OIEA/CRP E1.30.39: Mejora de la capacidad para la detección temprana y el diagnóstico del cáncer de mama a través de imágenes, como uno de sus objetivos; se inician en el país los primeros esfuerzos para desarrollar pruebas de control de calidad de manera remota en equipos de mamografía digital. Bajo este contexto, el objetivo de este trabajo fue implementar en el Servicio de Radiología del Hospital Max Peralta de San José de Costa Rica una plataforma para desarrollar pruebas de control de calidad de manera remota, con el fin de monitorear el desempeño del equipo de mamografía digital y así, poder tomar las acciones correctivas para asegurar la calidad de la imagen evitando perjudicar el diagnóstico y la sobre exposición del paciente. Para ello, se desarrolló inicialmente una plataforma que permitía el envío de los datos de control de calidad por medio de teléfonos inteligentes. Posteriormente, por medio de una página web (tiempo real) a la cual tienen acceso las tecnólogas del Servicio de Radiología del Hospital Max Peralta, se enviaban los datos semanalmente que evaluaban parámetros relativos a la calidad de imagen del mamógrafo Siemens Inspiration. Los anterior permitió reunir un registro de datos de monitoreo de más de 4 años para las variables, relación señal ruido (SNR) y relación diferencia de señal ruido (SDNR), donde se observó el comportamiento y se generaron avisos de alerta al superar de la tolerancia esperada. Esta información permitió la toma oportuna de decisiones para garantizar la calidad final de la imagen. La presencia en los centros médicos de físicos médicos calificados en el área de radiología con énfasis en mamografía es muy escasa en la mayoría de las regiones del mundo. Por lo tanto, el desarrollo de plataformas que permitan el envío de resultados de pruebas de control de calidad de manera remota para su evaluación complementa los programas formales que deben desarrollarse en la institución.

PALABRAS CLAVE: control de calidad, mamografía digital, plataforma digital.

INTRODUCCIÓN

Durante el período comprendido entre los años 2014 y 2017, el Centro de Investigaciones en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares (CICANUM) de la Universidad de Costa Rica (UCR) y el Servicio de Radiología del Hospital Max Peralta de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), participaron activamente en conjunto con 15 Estados Miembros del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en el contrato de investigación OIEA/CRP E1.30.39: Mejora de la capacidad para la detección temprana y el diagnóstico del cáncer de mama a través de imágenes (IAEA, 2018). Los países participantes fueron, Bosnia y Herzegovina, Costa Rica, Egipto, India, Kenia, Antigua República Yugoslava de Macedonia, México, Nigeria, Pakistán, Filipinas, Eslovenia, Turquía,

Uganda, Reino Unido y Zambia. El proyecto reunió a radiólogos especialistas en mamografía, físicos médicos y tecnólogos. El objetivo principal del proyecto era realizar una investigación de las prácticas actuales en los países participantes para lograr una mejoría en la detección temprana del cáncer de mama. Se cubrieron simultáneamente aspectos relacionados con el componente clínica y de física médica.

Todos los países durante la ejecución del contrato de investigación recolectaron información clínica relevante, se entrenó al personal médico en el sistema de reporte BI-RADS y a los tecnólogos y físicos médicos en los protocolos de control de calidad para equipos, tanto analógicos como digitales. Además, se llevaron

a cabo programas de control de calidad en los mamógrafos participantes y se logró la compra de algunos equipamientos para efectuar pruebas de control de calidad en los países.

Desde el punto de vista médico, se logró recolectar información específica sobre: el número de mujeres examinadas por año, tipo de monitoreo realizado: tamizaje y/o diagnóstico, cantidad de mamografías reportadas por centro médico, cantidad de radiólogos con entrenamiento en reporte de mamografías, cantidad de mamografías con reporte BI-RADS 4 ó 5, número de casos de cáncer detectados anualmente, cantidad de “rellamados”, uso complementario de la tomosíntesis, ultrasonido o resonancia magnética, cantidad de biopsias (aguja fina y/o gruesa), lesiones benignas y/o malignas, número de biopsias, cirugías y procedimientos de mastectomía realizados.

A nivel de las actividades realizadas en Costa Rica, una de la más relevante, es la que se presenta en este trabajo. Los programas de control de calidad en mamografía están ampliamente descritos en la literatura (ACR, 1999; Perry *et al.*, 2006; IAEA, 2009; 2011). El grado de cumplimiento de estos programas varía de país en país, debido a los requerimientos locales en materia de seguridad y protección radiológica, así como, al recurso humano disponible. La tendencia a nivel mundial de la introducción cada vez mayor de equipos digitales que suplantando a los analógicos ha traído dificultades a la hora de implementar estos programas, pero también, permite hacer uso de la flexibilidad de los sistemas digitales para el envío y análisis de imágenes digitales dentro de un programa de control de calidad. Cada vez más, a nivel mundial se está tratando de introducir la realización de pruebas de control de calidad de manera remota facilitando la verificación de parámetros que afectan la calidad de la imagen mamográfica por personal que no necesariamente se encuentra localmente en la institución. El proyecto de investigación del OIEA, proveyó el marco para realizar los primeros esfuerzos a nivel nacional de desarrollar la metodología e implementar pruebas de control de calidad de manera remota en equipos de mamografía digital. Así, el objetivo fue implementar en el Servicio de Radiología del Hospital Max Peralta de San José de Costa Rica una plataforma para desarrollar pruebas de control de calidad de manera remota, con el fin de monitorear el desempeño del equipo de mamografía digital y así, poder tomar las acciones correctivas para asegurar la calidad de la imagen evitando perjudicar el diagnóstico y la sobre exposición del paciente.

MATERIAL Y MÉTODO

El equipo de mamografía digital utilizado en este estudio fue un Siemens Inspiration del Servicio de Radiología del Hospital Max Peralta. Las pruebas de aceptación del mismo se llevaron a cabo por personal de la CCSS y la UCR; se realizó paralelamente las pruebas anuales contempladas en la publicación del OIEA (IAEA, 2011) para constatar su correcto funcionamiento durante la ejecución del proyecto. Debido a que la calidad de la imagen mamográfica puede fácilmente deteriorarse en el transcurso del tiempo, los resultados aceptables de las pruebas anuales no permiten mantener un seguimiento estrecho del desempeño del mamógrafo en tiempo real. Por esta razón, se discutió con los radiólogos que pruebas se podrían implementar y que fueran de fácil realización por personal local para iniciar pruebas de control de calidad de manera “remota”.

Los equipos digitales en radiología permiten introducir metodologías nuevas para el desarrollo de pruebas “remotas”. La primera opción y la más sencilla de introducir en la cultura organizacional del departamento fue la recolección de ciertos datos por el personal local y su envío fuera de la institución para ser analizados y monitoreados. La segunda opción, que requiere una infraestructura local más desarrollada, fue el envío de las imágenes para su posterior análisis y monitoreo. El envío de imágenes impone requerimientos de la tecnología de la información (IT, por sus siglas en inglés) y conocimientos básicos del personal que inicialmente podrían no estar disponibles.

Determinación de las variables a monitorear

Dentro del desarrollo del contrato de investigación se decidió la primera opción. Así, las tecnólogas del Servicio de Radiología del Hospital Max Peralta debían enviar a la UCR los valores de algunas mediciones realizadas sobre la imagen del maniquí de calidad en el monitor y con ellas evaluar algunas métricas de calidad de imagen de manera remota. Se escogió calcular dos parámetros fundamentalmente para darle seguimiento al comportamiento del mamógrafo: la relación señal ruido (SNR) y la relación diferencia de señal ruido (SDNR), (IAEA, 2014) debido a que el Servicio de Radiología únicamente contaba con el maniquí de la ACR (ACR, 1999). Para mamografía analógica se implementaron ambas pruebas con este maniquí, pues lo que se requiere es evaluar el comportamiento en el tiempo.

Con base a la masa más grande del maniquí ACR, las tecnólogas, utilizando las herramientas de la estación de trabajo, debían dibujar dos regiones de interés (ROI) como se muestra en la Figura 1. Para la ROI sobre la masa (A) debían anotar el valor medio del pixel. Posteriormente, para una región adyacente a la masa anotar el valor medio del pixel (B) y el valor de su desviación estándar (C), estos tres datos se enviaban semanalmente a la UCR.

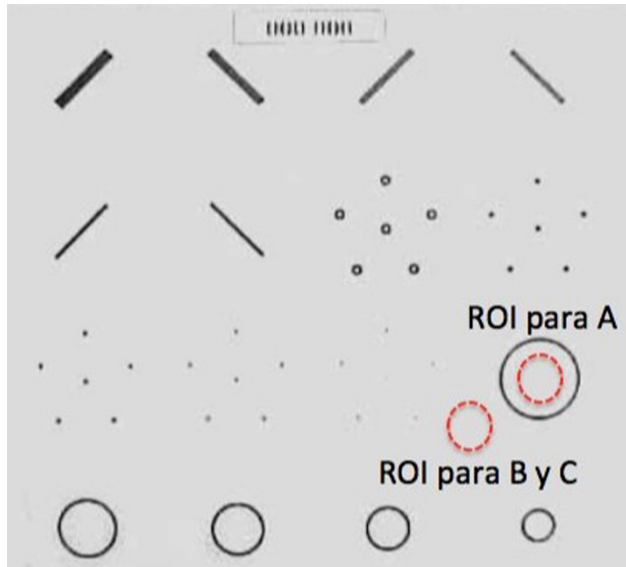


Fig. 1. Maniquí ACR con regiones de interés. A corresponde al valor medio del pixel en la región A, C es la desviación estándar de la región A, y B es el valor medio del pixel en la región B.

El cálculo de SNR y SDNR se realizaban mediante las siguientes ecuaciones:

$$SNR = \frac{B}{C} \quad SDNR = \frac{(B - A)}{C}$$

Primera etapa de envío de los datos

Inicialmente, mediante formularios prediseñados de Google Forms, utilizando teléfonos inteligentes, las tecnólogas introducían semanalmente los valores de A, B y C. Esta información se enviaban a una base de datos hospedada en Google Drive. Personal de la UCR utilizaba los datos para calcular los valores de SNR y SDNR y, posteriormente, graficarlos. Este último proceso no es inmediato, puesto que los formularios de Google no poseen la opción de graficar los datos que se envían en tiempo real. La interface para la introducción de los datos se muestra en la Figura 2.

The image shows a Google Forms interface for data entry. At the top, there are logos for the Universidad de Costa Rica and Seguro Social. The form fields include: 'Nombre de Usuario' (text input), 'Hospital' (text input), 'Fecha' (date input, format dd/mm/aaaa), 'mAs' (text input, label 'Coloque el valor del mAs'), 'A' (text input, label 'Introduzca el valor de A'), 'B' (text input, label 'Introduzca el valor de B'), 'DEB' (text input, label 'Introduzca la desviación estándar de B'), and an 'Enviar' button. A small note at the bottom says 'Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.'

Fig. 2. Interfaz de formulario de Google Forms.

Segunda etapa de envío de los datos

Para solventar el problema de la presentación de los resultados en tiempo real, se pone en marcha la creación de una página web propia y su correspondiente base de datos adaptable a los requerimientos propios.

La página fue elaborada desde su inicio por personal de la UCR utilizando el lenguaje de código abierto PHP para luego ser incrustado en HTML. Para crear gráficos a tiempo real se requiere PHP versión mayor o igual a 5.3 por lo que la mayoría de los alojamientos web gratuitos no funcionan al ejecutar el script que crea el gráfico. Por lo tanto, se elige Hosting24.com (Hosting24, 2018) como alojamiento web pagado para crear el dominio <http://www.qcmammoucr.com>, ya que posee PHP versión 5.1-7.1.

Para manejar la base de datos que alimentan las tecnólogas, se utiliza la herramienta phpMyAdmin.net (libre software) (phpMyAdmin, 2018) que se encarga de la administración de MySQL mediante internet, sin embargo, para crear la gráfica con toda la base de datos se requirió de un Javascript externo que se obtuvo de Highchart.com (Highcharts, 2018) y, para ello, se importó el archivo Javascript directamente desde su servidor cada vez que se realizaba una consulta gráfica de la base.

La interfaz de la página web qcmammoucr.com, tiene la ventaja de ser sencilla y de poco peso, lo cual resulta útil ya que el acceso a internet en el Hospital puede llegar a tener baja velocidad de subida y descarga y una latencia muy alta.

El acceso a la página web se realizaba mediante usuario y contraseña otorgados por el personal de la UCR al personal del hospital para evitar manipulación por personas ajenas al proyecto que pudieran comprometer los datos. La página fue programada para que envíe una notificación por correo electrónico cada vez que se introducían datos. Por último, se realizó un respaldo de la base de datos en formato SQL que luego fue comparada con un respaldo anterior para reconocer y evitar alguna modificación manual posterior a la fecha en que se introdujo el dato.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La primera fase recolectaba datos en el periodo comprendido entre febrero del 2014 a julio 2015 y la segunda fase recolectaba datos desde agosto 2015 hasta el presente. Se tiene en la actualidad, por lo tanto, un periodo de monitoreo del mamógrafo digital de más de 4 años, en la cual los datos son enviados al menos una vez por semana.

Durante la primera etapa, una vez recibidos los datos en la UCR, se procedía a realizar la gráfica para ambas variables. En la Figura 3, se muestran un ejemplo de los resultados obtenidos para SDNR durante este periodo. Los límites inferior para el SNR y SDNR, se obtuvieron del manual del equipo y los límites superiores se fijaron como un 15 % del valor mínimo permitido por el equipo. Los principales inconvenientes fueron que el análisis no se realizaba de forma

inmediata conforme llegaban los datos, ya que debían ser incorporados a hojas de Excel de manera manual y los resultados solamente eran observados y analizados por el personal de la universidad. El personal del Servicio de Radiología no observaba el análisis en tiempo real, por lo tanto, si se presentaba algún dato fuera de las tolerancias el personal de UCR debía avisar al servicio.

Durante la segunda etapa, una vez introducidos los valores en la página web, inmediatamente se desplegaban ambas gráficas. Los datos de la primera etapa se incorporaban en la base de datos de la segunda etapa para obtener el comportamiento desde el inicio de las pruebas remotas. En las Figuras 4 y 5 se presentan los resultados para SNR y SDNR, respectivamente. Los principales inconvenientes durante el desarrollo de esta etapa fue el buscar y comprar el dominio donde se alojarían los datos y la consecuente programación para la subida de los mismos. Sin embargo, esta opción resultó ser más versátil pues los gráficos se desplegaban inmediatamente y el personal médico podía visualizar si las variables estaban dentro de los límites de las tolerancias para tomar acciones inmediatas; adicionalmente, se enviaba un mensaje a los físicos médicos señalando que información se había subido a la base de datos, permitiendo revisar y observar el comportamiento del equipo casi de manera inmediata.

CONCLUSIONES

La dificultad a nivel Latinoamericano, así como de otras regiones del mundo en vías de desarrollo, de contar con físicos médicos con capacitación específica en el área del control de calidad para equipos de mamografía disponibles permanentemente en los cen-

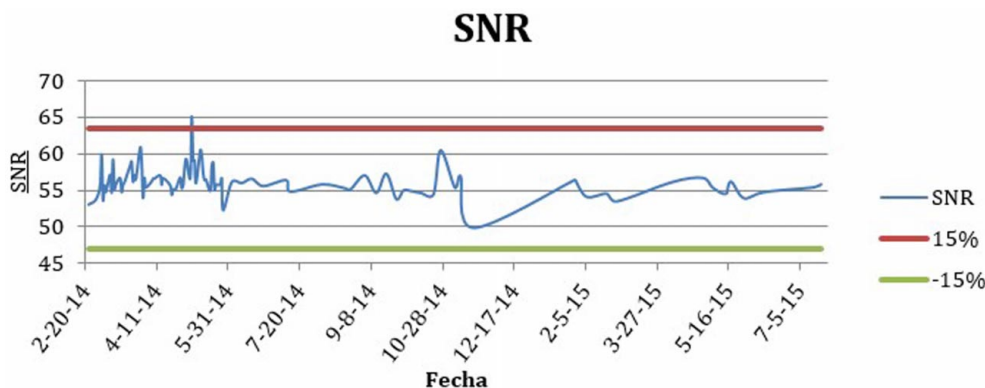


Fig. 3. Comportamiento del SNR mediante datos de Google Forms.



Fig. 4. Variación en el tiempo de SNR.

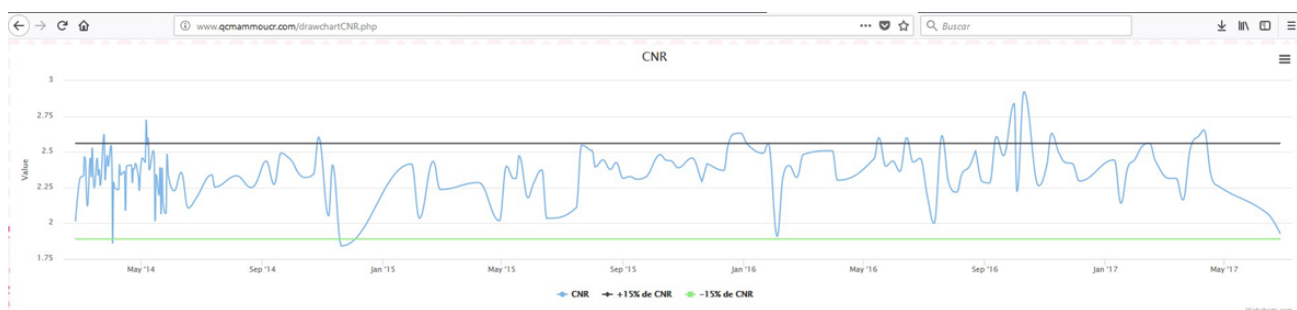


Fig. 5. Variación en el tiempo de SDNR.

tros médicos ha motivado la implementación de herramientas para desarrollar pruebas de control de calidad de manera remota. De esta manera, un solo físico médico puede atender un conjunto de equipos y monitorear parámetros importantes antes que los controles formales de los programas establecidos de control de calidad señalen incumplimientos serios. La experiencia desarrollada en esta investigación puede ser replicada en otros países del área, pues se ha demostrado que mediante dos métricas de calidad muy sencillas de calcular con la ayuda del personal local se puede monitorear el desempeño del mamógrafo de manera remota. Esta información permite tomar las acciones correctivas mucho antes de que la calidad de la imagen final se vea comprometida perjudicando el diagnóstico final y afectando la protección radiológica de la paciente. El paso siguiente es lograr el envío de las imágenes al centro de referencia para su posterior evaluación y lograr dar seguimiento a una mayor cantidad de variables y hasta más complejas. El personal científico del CICANUM ha iniciado, a manera de programa piloto, actividades para el análisis de las imágenes enviadas por centros médicos nacionales.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al OIEA por el contrato de Investigación coordinado que se llevó a cabo con la UCR y al

personal del Servicio de Radiología del Hospital Max Peralta, especialmente a la Jefe de Servicio, Dra. Clara Odio y a las tecnólogas de mamografía.

MORA, R. P. & SOTO, C. Y. Development of remotely quality control tests in digital mammography equipment. *J. health med. sci.*, 4(4):287-292, 2018.

ABSTRACT: Through Costa Rica participation in the project of OIEA/CRP E1.30.39: Capacity Improvement for breast cancer early detection and diagnosis using images; as one of its objectives, the first efforts for developing remotely quality control tests in digital mammography equipment are initiated in the country. In this context, the aim of this work was to implement a platform in the Radiology Department of Max Peralta Hospital to develop remotely quality control tests, in order to monitor the performance of the digital mammography equipment, so corrective actions can be done to ensure image quality avoiding harming the diagnosis and patient overexposure. For that reason, a platform was initially developed for the sent of quality control data via smartphones. Subsequently, through a web page (real time), which technologists from the Radiology Department of Max Peralta Hospital have access, the assessment data of relative parameters to the image quality of the Siemens Inspiration mammography device was sent weekly. This allowed creating a monitoring data register of more than

4 years for variables such as the Signal-to-noise ratio (SNR) and the Signal-difference-to-noise ratio (SDNR), where the behavior was observed and warnings were generated when leaving the expected tolerance. This information allowed taking an appropriate decision to ensure the final image quality. In medical centers. In medical centers, the presence of medical physicists qualified in the radiology area with emphasis on mammography it's very scarce. Therefore, the development of platforms that allow the remotely sending of quality control tests for its assessment complements the formal programs that should be developed in the institution.

KEY WORDS: quality control, digital mammography, digital platform.

Dirección para correspondencia:
Patricia Mora
Centro de Investigación en Ciencias Atómicas,
Nucleares y Moleculares (CICANUM)
Universidad de Costa Rica
San José
COSTA RICA

Email: patricia.mora@ucr.ac.cr

Recibido : 13-05-2018
Aceptado: 23-09-2018

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American College of Radiology (ACR). *Committee on Quality Assurance in Mammography*. Mammography quality control manual: radiologist's section, clinical image quality, radiologic technologist's section, medical physicist's section. Reston, VA, American College of Radiology, 1999.
- Highcharts, 2018. Disponible: <https://www.highcharts.com/>.
- Hosting24, 2018. Disponible en: <https://www.hosting24.com>.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). *Quality Assurance Programme for Screen Film Mammography*. Human Health Series No. 2. International Atomic Energy Agency, Viena, Austria, 2009.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). *Quality Assurance Programme for Digital Mammography*. Human Health Series No. 17. International Atomic Energy Agency, Viena, Austria, 2011.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). *Diagnostic radiology physics: a handbook for teachers and students*. International Atomic Energy Agency, Vienna, Australia, 2014.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). Coordinate Research Activities. 2018. Disponible en: <http://cra.iaea.org/cra/explore-crps/all-active-by-programme.html>
- Perry, N.; Broeders, M.; de Wolf, C.; Törnberg, S.; Holland, R. & von Karsa, L. (Eds). *European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis*. 4th ed. Brussels, Printed on White Chlorine-Free Paper, 2006. Available in: file:///Users/loretoumanzor/Downloads/ND7306954ENC_002_.pdf.
- phpMyAdmin, 2018. Disponible en: <https://www.phpmyadmin.net/>.
- Siemens. Mammomat Inspiration. La referencia en mamografía de dosis baja, 2018. Disponible en: <https://www.healthcare.siemens.cl/mammography/digital-mammography/mammomat-inspiration-contrib>.